

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-316266

(43)Date of publication of application : 16.11.1999

(51)Int.Cl.

G01R 31/302
H01L 21/66

(21)Application number : 11-081066

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 25.03.1999

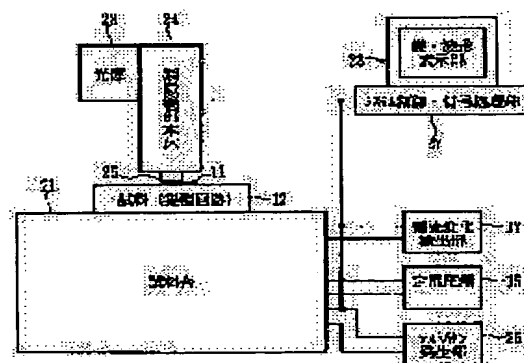
(72)Inventor : FUTAGAWA KIYOSHI

(54) METHOD AND DEVICE FOR OBSERVING AND INSPECTING WIRING CURRENT OF SEMICONDUCTOR DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for observing and inspecting wiring current of a semiconductor device with no occurrence of electron/positive hole pair under beam irradiation, nor destructive element such as ion beam.

SOLUTION: An integrated circuit 12 which is placed on a sample stage 21 as a sample is irradiated with infrared ray laser beam 11 from an infrared ray laser light source 23 through a microscope part main body 24 and an objective lens 25. With a power source terminal of the integrated circuit 12 connected to a constant voltage source 15, a resistance change at a wiring part under beam causes change in current at a ground terminal and a current change detecting part 17 detects it. A system control/signal processing part 27 processes the signal to display a current image, defective image, or current waveform on an image/waveform display part 28. Since infrared ray is used instead of conventional visible light, no electron/positive hole pair occurs with no destructive element such as ion beam.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

25.03.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3144412

[Date of registration]

05.01.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3144412号

(P3144412)

(45) 発行日 平成13年 3 月12日 (2001. 3. 12)

(24) 登録日 平成13年 1 月 5 日 (2001. 1. 5)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

G 0 1 R 31/302

G 0 1 R 31/28

L

H 0 1 L 21/66

H 0 1 L 21/66

S

請求項の数 3 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平11-81066
(62) 分割の表示 特願平7-302649の分割
(22) 出願日 平成7年11月21日 (1995. 11. 21)

(65) 公開番号 特開平11-316266
(43) 公開日 平成11年11月16日 (1999. 11. 16)
審査請求日 平成11年 3 月25日 (1999. 3. 25)

(73) 特許権者 000004237
日本電気株式会社
東京都港区芝五丁目 7 番 1 号
(72) 発明者 二川 清
東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気
株式会社内
(74) 代理人 100082935
弁理士 京本 直樹 (外 2 名)

審査官 江成 克己

(58) 調査した分野 (Int.Cl.⁷, D B 名)

G01R 31/302

H01L 21/66

(54) 【発明の名称】 半導体デバイスの配線電流観測方法、検査方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 赤外線ビームを半導体デバイスの被観測領域にチップの裏面または上面から照射し、この赤外線ビームの照射に伴ってこの半導体デバイスのグランド端子間に現われる電圧の変化を検出してその被観測領域の検査を行うことを特徴とする半導体デバイスの検査方法。

【請求項 2】 前記半導体デバイスの出力端子がオープンであることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の半導体デバイスの検査方法。

【請求項 3】 テストバターを前記半導体デバイスに入力後前記半導体デバイスを検査することを特徴とする請求項 1 又は 2 のいずれかに記載の検査方法。

【発明の詳細な説明】

【00001】

【発明の属する技術分野】 本発明は半導体集積回路等の半導体デバイスの検査方法および検査のための装置に係わり、例えば半導体集積回路チップ上の配線の通電経路や配線系の欠陥を検査するのに好適な半導体デバイスの配線電流観測方法、検査方法およびそのための装置に関する。

【00002】

【従来の技術】 本発明の対象となる半導体集積回路等の半導体デバイスについての故障解析や検査については、例えば平成 5 年 4 月 13 日に特許出願された特願平 5-85817 号の「半導体集積回路内部相互配線の検査方法および装置」や、平成 6 年 8 月 31 日に特許出願された特願平 6-230672 号の「半導体集積回路チップ上の配線の通電状態を試験する方法」に開示がある。

【00003】 図 23 はこれらの公報に開示された半導体

デバイスの検査装置の構成を示したものである。試料台111には試料としての集積回路112が載置されている。可視ビーム発生部113から出力される可視光としてのレーザビームは顕微鏡部114に入射し、集積回路112のチップ上に収束して照射される。試料台111には、定電圧源115、電流変化検出部117およびテストボタン発生部118が接続されている。テストボタン発生部118は、レーザビーム119の照射される集積回路112をある特定の状態に設定するためのテストボタンを発生する部分である。試料台111に接続されたこれらの各部115、117、118は、集積回路112の該当するピンと電氣的に接続されている。

【0004】顕微鏡部114、定電圧源115、電流変化検出部117およびテストボタン発生部118は、システム全体を制御すると共に取得した信号の処理を行うためのシステム制御・信号処理部121に接続されている。システム制御・信号処理部121は、所定の制御動作や信号処理を行うようになっている。像表示部122はCRTからなり、システム制御・信号処理部121に接続されている。像表示部122には、取得した信号を処理した結果としての電流像または欠陥像が表示されるようになっている。

【0005】この半導体デバイスの検査装置では、可視光としてのレーザを集積回路112の対象とする領域に走査しながら照射している。電子またはイオンビームであってもよい。そして、照射光による温度上昇に起因した抵抗の増加を、電流変化検出部117を用いて電流の変化として検出する。そして、例えばレーザビーム119の走査と同期して対象とする配線の電流の変化を照射位置ごとに輝度の変化あるいは輝度をカラーに疑似的に置き換えた疑似カラーとして像表示部122に表示するようにしている。これにより、配線中のボイドや、Siノジュール（Siの析出物）を検出したり、配線に流れる電流の観測を行う。

【0006】このような検出あるいは観測の行われる原理を簡単に説明する。集積回路チップの配線の箇所にビームを照射した際の温度上昇による電流の変化を ΔI とする。配線の両端に定電圧が印加されているものとする、電流の変化 ΔI は次の(1)式で近似することができる。

$$\Delta I = -(\Delta R / R) I \quad \cdot (1)$$

ここで R はビームの照射がないときの配線の抵抗であり、 ΔR はビームの照射による配線の抵抗の変化分である。また、 I はビームの照射が行われないときの配線に流れる電流である。

【0007】このように、他の条件を一定にしておけば、抵抗 R は観測対象の配線が決まれば一定なので、電流の変化 ΔI を観測することで、抵抗の変化 ΔR と電流 I の積が求められる。更に電流 I を一定にすれば、配線内の各場所での抵抗の変化 ΔR を判別することができ

る。また、抵抗の変化 ΔR を一定にすれば電流 I の値を観測することもできる。これらについて個々に説明を行う。

【0008】(1) 各場所ごとの抵抗の変化 ΔR の違いの観測：これは、特願平5-85817号において欠陥（ボイドやSi析出）の検出法として開示されている。すなわち、ビームの条件や、被照射箇所の材質、形状等が同一であれば、場所ごとの抵抗の変化 ΔR の違いは、それぞれの箇所での熱伝導の違いによる。配線中にボイドやSi析出等の欠陥があれば、熱伝導が異なってくる。この効果により抵抗の変化 ΔR の違いが観測されることが実験的にも確認されている。配線中のボイドやSi析出は、集積回路の信頼性を決定する要因として重要なものなので、この効果は重要である。この目的で観測する像を欠陥像と呼ぶ。

【0009】(2) 電流 I の観測：これは、特願平6-230672号に開示されている。通常の場合に配線のほとんどを占める欠陥のない配線部分に着目すると、電流 I を観測することができる。この絶対値を知るには、抵抗の変化 ΔR と抵抗 R のそれぞれの値を知る必要があり、容易ではない。しかしながら、正常なものとの比較で異常電流の有無を知ることは容易にできる。この目的で観測する像を電流像と呼ぶ。

【0010】以下の説明では、ビームにより照射された箇所の抵抗が変化する現象を、簡単にBIRCH (Beam Induced Resistance Change) と呼ぶことにする。日本語では、「ビーム照射加熱抵抗変化検出法」と呼ぶことにする。このBIRCHを、レーザ、電子、イオンの個々に特定して呼ぶ場合には、それぞれOBIRCH (Optical Beam Induced Resistance Change)、EBIRCH、IBIRCHと呼ぶことにする。ここで n は μ の意味であり、 d は μ の意味であり、また、 h は μ の意味である。

【0011】なお、ビームによる加熱を使用する方法として、レーザビームの加熱による熱電効果を利用したNB-OBI Cと呼ばれる方法も、配線系のボイド等の異常検出に有効であることが示されている（小山等、94年秋応物予稿集、22a-ZP-10, p. 586）。この方法でBIRCH法と異なる工程は、対象となる集積回路に電圧を印加しないという点のみであり、他は同じである。電圧が印加されておらず電流が流れていないため、この方法は電流の観測には用いることができない。NB-OBI Cの原理は、配線系に欠陥がある場合にその近傍で熱伝能が異なるために、あるいは欠陥がある場合には熱伝導状態が異なるため温度勾配ができ、その結果熱起電力が発生し、これが電流として検出されるものであると説明されている。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】以上説明したような従来の半導体デバイスの検査方法および装置については次

のような2つの大きな問題があり、これが実製品への適用の妨げとなっていた。

【0013】(1) レーザビームや電子ビームをチップに照射すると、基板の半導体中に電子・正孔対が発生し、これによって電流が発生する。これは光の場合にはOBIC (Optical Beam Induced Current) 現象であり、電子の場合にはEBIC (Electron Beam Induced Current) 現象である。以下、簡単にOBIC現象についてのみ説明するが、EBIC現象の場合にも同様である。

【0014】OBIC像は、前記したOBIRCH像とNB-OBIC像にオーバーラップする形で現われる。通常の場合には、OBIC信号の方が、OBIRCH信号やNB-OBIC信号よりも強く、電流変化検出系のダイナミックレンジが両方の信号を増幅できるだけの十分な幅を有しないことから、OBIRCH像とNB-OBIC像がOBIC像に埋もれて見えなくなる。TEG (Test Element Group) の場合には、OBIC信号が表われないような結線が可能であるが、製品の場合には通常は不可能である。これが、OBIRCH法とNB-OBIC法の実用上の大きな障害の1つになっていた。

【0015】(2) 光ビームの代わりにイオンビームを用いた場合には、照射箇所がスパッタされるため、非破壊での検査が困難であるという問題があった。

【0016】そこで本発明の目的は、ビームの照射によって電子や正孔対の発生がなく、またイオンビームのような破壊的な要素のない半導体デバイスの配線電流観測方法、検査方法および装置を提供することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】本願発明は、赤外線ビームを半導体デバイスの被観測領域にチップの裏面または上面から照射し、この赤外線ビームの照射に伴ってこの半導体デバイスのグランド端子に現われる電流の変化を検出してその被観測領域の配線電流観測を行うことを特徴とする半導体デバイスの検査方法であり、又、赤外線ビームを半導体デバイスの被観測領域にチップの裏面または上面から照射し、この赤外線ビームの照射に伴ってこの半導体デバイスのグランド端子間に現われる電圧の変化を検出してその被観測領域の検査を行うことを特徴とする半導体デバイスの検査方法である。

【0018】その際に、半導体デバイスの出力端子がオープンにすると効果的である。更に、テストパターンを半導体デバイスに入力後前記半導体デバイスを検査することで集積回路等の半導体デバイスを特定の状態に設定することができ、この特定の状態で半導体デバイスの観測が可能になる。

【0019】図1は以上説明した本発明の基本概念を示したものである。半導体デバイスの配線201に赤外線レーザビーム等の赤外線光ビーム202が照射され、場合によっては破線で示した矢印203方向に走査される

とする。配線201に電流204が流れている場合、赤外線光ビーム202の照射によって配線201の温度Tが ΔT 上昇し、その結果配線の抵抗が ΔR 増加する。その結果電流が ΔI 減少する。温度の変化 ΔT の大きさはボイド等の欠陥があると増大するため、抵抗の変化 ΔR も増大し、電流の変化 ΔI の絶対値 $|\Delta I|$ も増大する。従って電流の変化 ΔI を検出することによって半導体デバイスの検査を行うことになる。また電流の変化 ΔI は配線に流れる電流Iに比例するため電流の変化 ΔI を観測することで電流Iを知ることができる。

【0020】図2は、従来から用いられている可視光等による半導体デバイスの検査の基本概念を対比して表わしたものである。図1と同一部分には同一の符号を付しており、これらの説明を適宜省略する。配線201には電源211を接続することで電流204を流すことができる。また電流変化検出部212を接続することで電流の変化を検出することができる。これは本発明においても同様である。従来の検査では、赤外線ビーム202(図1)の代わりに、可視レーザ、電子あるいはイオンビーム213を照射している。そして、図1で説明したと同様の各種の変化を検出することで、半導体デバイスの検査を行うようにしている。これ故、前記した問題が発生する。

【0021】

【発明の実施の形態】

【実施例】以下実施例につき本発明を詳細に説明する。

【0022】第1の実施例

【0023】図3は本発明の第1の実施例の半導体デバイスの検査装置における半導体デバイスの検査方法の原理を示したものである。この方法は、集積回路に電圧を印加する第1の工程(ステップS101)と、赤外線ビームを集積回路チップの被観測領域に照射する第2の工程(ステップS102)と、この際に集積回路のグランド端子から流れる電流の変化を検出する第3の工程(ステップS103)の3つの工程からなっている。

【0024】ステップS103の電流変化の検出は、グランド端子を用いずに電源端子や信号端子を用いることも可能である。しかしながら、出力をオープンにしておけば、集積回路に流れる全電流がグランド端子に流れるので、グランド端子は変化を検出する箇所として最も適している。このように変化の検出を行う際に、入力端子から集積回路の特定の状態を設定するためのテストボタンを入力するようにすれば、その特定の状態で観測が可能になる。

【0025】この図3と同一の工程で配線の欠陥を検出する方法は、平成5年12月14日に出願した特願平5-313320号の「半導体集積回路内部相互配線の検査装置」に示されている。本発明のこの検査方法では、配線の欠陥を検出するのではなく、配線に流れる電流経路の観測を行う点が異なる。

【0026】図4は、この第1の実施例における半導体デバイスの検査装置の原理を示したものである。従来のOBIRCH法による可視光レーザの代わりに、赤外線ビームとしての赤外線レーザビーム11が集積回路12の集積回路チップ13に照射される。集積回路12の電源端子14には一端を接地した定電圧源15が接続されており、グランド端子16とグランドの間には電流変化を検出するための電流変化検出部17が接続されている。

【0027】電流変化検出部17で赤外線ビームの照射により検出される電流変化を ΔI とし、この赤外線ビームの照射による抵抗変化を ΔR とすると、次の(2)式が成立する。

$$\Delta I \propto \Delta R \cdot I \quad (2)$$

ここで電流 I は、赤外線ビームの照射された配線に流れる電流値をいう。配線にボイド等の欠陥があると、抵抗値が増大し、これによりこの電流値に変化が生ずる。

【0028】本発明の第1の実施例では、このように加熱手段として赤外線ビームを使用することにより、従来の方法では不可能であった、製品でのOBIRCH像やNBOIC像の観測が可能になり、故障箇所絞り込みから物理的な解析までの一連の解析や検査が1台の装置で可能になる。

【0029】図5は、この第1の実施例における半導体デバイスの検査装置の構成を表わしたものである。試料台21には試料として集積回路12が載置されている。赤外線ビームとしてここでは赤外線レーザビーム11が用いられ、このための赤外線レーザ光源23が用意されている。ここから射出される赤外線レーザビームは赤外用の顕微鏡部本体24に入射し、対物レンズ25を介して集積回路12のチップ上に収束して照射される。試料台21には、図4にも示した定電圧源15および電流変化検出部17が接続されており、更にテストボタン発生部26が接続されている。テストボタン発生部26は、試料としての集積回路12をある特定の状態に設定するためのテストボタンを発生する部分である。試料台21に接続されたこれらの各部15、17、26は、集積回路12の該当するピンと電気的に接続されている。

【0030】定電圧源15、電流変化検出部17、顕微鏡部本体24およびテストボタン発生部26は、システム全体を制御すると共に取得した信号の処理を行うためのシステム制御・信号処理部27に接続されている。システム制御・信号処理部27は、図示しないがCPU（中央処理装置）とこの装置の制御プログラムを格納したROM（リード・オンリ・メモリ）や作業用のRAM（ランダム・アクセス・メモリ）等からなる記憶部を備えており、所定の制御動作や信号処理を行うようになっている。像・波形表示部28はCRTからなり、このシステム制御・信号処理部27に接続されている。像・波形表示部28には、取得した信号を処理した結果として

の電流像、欠陥像または電流波形が表示されるようになっている。

【0031】この第1の実施例による半導体デバイスの検査装置は、従来のOBIRCH法によるレーザビームを赤外線レーザビームに置き換えたものである。これをこの明細書ではIROBIRCH-BVIと表記する。ただし「BVI」はバイアス（Bias）印加法のうちの、電圧印加、電流検出法であることを示すものである。バイアス印加の有無と電流検出か電圧検出かの違いによって、半導体デバイスの検査方法には4つのバリエーションがある。本発明の第1の実施例ではこのうちの1つを扱っており、他の3つは後に第2～第4の実施例として説明する。

【0032】さて、試料台21はX軸、Y軸およびZ軸の3方向に各々移動自在となっている。この試料台21に試料としての集積回路12を載置した後、試料台21ごと移動させて集積回路12を赤外線レーザビーム11の照射すべき位置まで移動させる。この後に、定電圧源15から集積回路12に電力を供給し、赤外線レーザビーム11を集積回路12の観測したい領域に照射する。電流像や欠陥像を観測するときには、赤外線レーザビーム11を被観測領域で走査し、電流波形を観測するときには被観測点としての1点にこれを照射する。集積回路12の特定の状態を観測したいときには、テストボタン発生部26からテストボタンを発生させ、所望の特定状態にして、赤外線レーザビーム11の照射を行う。

【0033】赤外線レーザ光源23から射出される赤外線の波長は、前述の通り1.24 μ m程度以上であれば良い。ただし、あまり長波長にするとビームが絞れなくなる。逆に短波長にすると、OBIC信号が強くなり、OBIRCH信号の妨げとなる。本実施例では、1.3 μ mの波長のレーザダイオードを使用した。

【0034】図6は、電流像や欠陥像を取得する際の処理動作の流れを示したものである。この処理動作の全体的な制御は前記したシステム制御・信号処理部27のCPUによって行われる。まず、CPUは赤外線レーザ光源23から射出される赤外線レーザビーム11を顕微鏡部本体24および対物レンズ25を介して集積回路12の被観察領域に照射し、デジタル的に走査を開始させる（ステップS201）。各走査点の滞留時間は2 μ Sに設定されている。

【0035】この状態で電流変化検出部17は各走査点での滞留時間内での電流変化を平均化し、電圧に変換する（ステップS202）。システム制御・信号処理部27はこの電圧をAD変換して、前記した記憶部のその走査点に対応したメモリ番地に記憶させる（ステップS203）。本実施例では8ビット、すなわち256階調にAD変換して記憶を行う。このようなステップS202およびステップS203の処理は被観察領域の全領域が走査されるまで繰り返される（ステップS204させると

共に、走査領域に対応したCRTの領域上の各メモリ番地に対応した点に、記憶した電圧値に対応した輝度で256階調の表示が行われる(ステップS205)。このような輝度表示の代わりに、記憶した電圧値をカラーの各色に対応させて、256色の疑似カラーで表示を行うようにしてもよい。

【0036】このように、電流像や欠陥像を取得する際には、赤外線レーザービーム11を試料としての集積回路12の被観察領域でデジタル的に走査を行う(ステップS201)。具体的には縦512×横512の合計262,144点の走査が行われる。各点での滞留時間は2 μ Sで、1回の走査は約0.5秒となる。

【0037】図7は、電流波形を取得する際の処理動作を示したものである。電流波形を取得する際には、赤外線レーザービーム11を周期2 μ S、パルス幅1 μ Sのパルス状にして、集積回路12の被観測点に照射を開始する(ステップS301)。電流変化検出部17では、各パルスの照射時間内での電流変化を平均化して電圧に変換する(ステップS302)。システム制御・信号処理部27はこの電圧をAD変換して、前記した記憶部のその時間に対応したメモリ番地に記憶する(ステップS303)。本実施例で電圧は8ビットすなわち256階調でAD変換される。集積回路12に対して赤外線レーザービーム11の照射が所望の時間行われるまで(ステップS304;N)、ステップS302およびステップS303の動作が繰り返される。

【0038】所望の時間が経過したら(ステップS304;Y)、赤外線レーザービーム11の照射を終了させると共に、像・波形表示部28としてのCRTに、横軸を時間、縦軸を電圧値に対応させて、メモリ番地に対応した各時間点に、記憶した電圧値をプロットする(ステップS305)。この縦軸を電流値として読み変えれば、電流波形が得られる。この際、更に高い時間分解能を得たい場合には、赤外線レーザービーム11のパルス幅と周期を短くすればよい。

【0039】一度の照射で十分なS/N(信号対雑音比)が得られない場合でも、被測定電流が周期的な場合には、この図7のステップS302からステップS304までの処理を電流の周期と同期させ、前記した記憶部に記憶した電圧を積算した後平均化すればよい。これにより、S/Nを改善することが可能になる。

【0040】次にこの第1の実施例による集積回路12の検査について説明する。集積回路12のチップ上の配線系の検査を行う場合、まず、集積回路12の被観察領域が赤外線レーザービーム11の照射可能な位置に来るように、試料台21を移動させる。そして、定電圧源15から集積回路12に電力を供給し、集積回路12を所望の電氣的な状態に設定するためにテストパタン発生部26から所定のテストパタンを発生させ、所望の状態を設定する。

【0041】この状態で、赤外線レーザービーム11を被観察領域に照射し、この領域をデジタル的に走査する

(図6ステップS201)。その後、すでに説明した通り図6のステップS202～S205に従った処理を行って、電流像または欠陥像を得ることができる。この電流像または欠陥像を観測した結果、ある特定の時点での電流波形を得たい場合には、図7に示したステップS301～ステップS305の処理によってその電流波形を得ることができる。

10 【0042】第2の実施例

【0043】図8は本発明の第2の実施例の半導体デバイスの検査装置における半導体デバイスの検査方法の原理を示したものである。この方法は、IR OBIRCH-BVIでバイアスをゼロにしたものに相当する。IR OBIRCH-NBI(Non Biasで、電流を検出する方法であることを示す)と表記する。第2の実施例の方法では、赤外線レーザービームを集積回路チップ上に照射し(ステップS111)、この集積回路のグランド端子から出力される電流の変化を検出するようにしている(ステップS112)。電流変化の検出は、グランド端子ではなく電源端子や信号端子で行うようにしてもよい。また、電流を検出する端子以外の端子は、接地しても開放(オープン)にしてもよい。以上のような組み合わせは莫大な数になるが、本実施例ではグランド端子から出力される電流の変化を検出する2つの例を次に示す。

【0044】図9は、この第2の実施例の半導体デバイスの検査装置の構成の一例で電源端子が接地された状態を表わしたものである。第1の実施例の図4と同一部分には同一の符号を付しており、これらの説明を適宜省略する。赤外線レーザービームの照射による加熱により、被照射箇所の熱電能が作用し、電位差が発生した際の電流変化 ΔI が検出される。

【0045】図10は、第2の実施例の半導体デバイスの検査装置の構成の他の例で電源端子が開放された状態を表わしたものである。図9と同一部分には同一の符号を付しており、これらの説明を適宜省略する。この場合にも、赤外線レーザービームの照射による加熱により、被照射箇所の熱電能が作用し、電位差が発生した際の電流変化 ΔI が検出される。電流の発生は過渡的であるため、このように電源端子がオープンの場合にも電流変化 ΔI の検出が可能である。

【0046】熱電能による電流発生の正確なメカニズムは明らかにされていないが、現時点では2通りの解釈がされている。1つの解釈は、欠陥が存在する箇所の熱電能は、欠陥が存在しない箇所のそれと異なるため、電流が発生し、欠陥を検出できるとするものである。もう1つの解釈は、欠陥がある箇所では熱伝導が変化するため、温度勾配の不均一ができて、熱電能による電流が発生するとするものである。

【0047】図11は、第2の実施例による半導体デバイスの検査装置すなわち配線系欠陥検査装置の構成を表わしたものである。第1の実施例の図5と同一部分には同一の符号を付しており、これらの説明を適宜省略する。第2の実施例の装置では、定電圧源15およびテストボタン発生部26に括弧を付しているが、これはこれら定電圧源15およびテストボタン発生部26が存在する場合と存在しない場合の2つの場合があることを示すものである。

【0048】■定電圧源15およびテストボタン発生部26が存在しない場合：この場合には、赤外線レーザービーム11の照射箇所によらず、図9または図10に示した原理による観測ができる。

■定電圧源15およびテストボタン発生部26が存在する場合：この場合には、装置の構成が第1の実施例の図5で示したものと同一になる。すなわち、赤外線レーザービーム11の照射箇所の配線に十分な電流が流れている場合には、図4に示した原理で観測が行われる。これは、第1の実施例と同じである。これに対して、赤外線レーザービーム11の照射箇所の配線に十分な電流が流れていない場合には、図9あるいは図10に示した原理による観測が行われることになる。

【0049】この第2の実施例の場合には、電流像や電流波形の観測はできず、欠陥像の観測ができるのみである。しかし、電流が流れていない箇所の観測も可能であり、この点で第1の実施例やIR OBIRCHによる欠陥検出（前記した特願平5-313320号の「半導体集積回路内部相互配線の検査装置」）に比べて、観測可能分野が広い。ただし、欠陥像の観測の場合における、欠陥の検出感度および空間分解能は、IR OBIRCHによる欠陥検出の方が第2の実施例の装置あるいはその方法よりも勝っていることが実験的に示されている。したがって、双方の特徴を生かした使い分けが必要である。欠陥像を取得する際の処理の流れは第1の実施例の図6に示したものと同一であり、その図示および説明を省略する。

【0050】第3の実施例

【0051】図12は、本発明の第3の実施例の半導体デバイスの検査装置における半導体デバイスの検査方法の原理を示したものである。この方法では、電流を印加して、電圧の変化を検出する。IR OBIRCH-BIV（BIVはBias 印加法の内、電流印加、電圧検出法であることを示す）と表記する。第3の実施例では、まず集積回路の電源とグランド間に電流を供給する（ステップS121）。そして、赤外線レーザービームを集積回路チップ上に照射し（ステップS122）、この集積回路の電源・グランド端子間の電圧の変化を検出するようにしている（ステップS123）。

【0052】図13は、この第3の実施例の半導体デバイスの検査装置の構成の一例を表わしたものである。第

1の実施例の図4と同一部分には同一の符号を付しており、これらの説明を適宜省略する。この装置のグランド端子16は接地されており、電源端子14には一端をそれぞれ接地した電圧変化検出部31と定電流源32が接続されている。本実施例では集積回路12の電源・グランド端子14、16間の電圧の変化を電圧変化検出部31で検出することになっているが、電圧変化の検出は、電源・グランド端子14、16間ではなく、他の端子間で行ってもよい。ただし、電源・グランド端子14、16間が集積回路チップ13全体の変化を最も反映するので、変化を検出する箇所として最も適している。電圧変化の検出の際に、入力端子から集積回路12の特定の状態を設定するためのテストボタンを入力すれば、その特定の状態で観測を行うことができる。

【0053】IR OBIRCH-BIVの場合の電圧変化は、次の（3）式で表わすことができる。

$$\Delta V = \Delta R \cdot I \quad (3)$$

ここで、 ΔV はビームの照射による電圧変化を示し、 ΔR はビーム照射による抵抗変化を示す。ボイド等の欠陥があると、抵抗変化 ΔR の増加が大きくなる。Iはビームを照射した配線に流れる電流である。

【0054】（3）式から分かるように、第3の実施例の半導体デバイスの検査装置でも、ボイド等の欠陥だけでなく、ビームを照射した配線の電流の観測も行うことができる。

【0055】図14は、この第3の実施例における半導体デバイスの検査装置すなわち配線系検査装置の構成を表わしたものである。第1の実施例の図5と同一部分には同一の符号を付しており、これらの説明を適宜省略する。第1の実施例の装置と比較すると、電流変化検出部17（図5）が電圧変化検出部41に変わっており、定電圧源15（図5）が定電流源42に変わっている。電圧変化の検出の方が電流変化の検出よりも容易に実行することができるので、この第3の実施例の装置はこの点で第1の実施例の装置よりも有利である。

【0056】第4の実施例

【0057】図15は、本発明の第4の実施例の半導体デバイスの検査装置における半導体デバイスの検査方法の原理を示したものである。この方法は、IR OBIRCH-BIVでバイアスをゼロにしたものに相当する。IR OBIRCH-NBV（Non Biasで、電圧を検出する方法であることを示す）と表記する。第4の実施例では、赤外線レーザービームを集積回路チップ上に照射し（ステップS131）、集積回路の電源端子とグランド端子間の電圧の変化を検出するようになっている（ステップS132）。

【0058】電圧変化の検出は、電源端子とグランド端子間で行われる必要はなく、他の端子間で行ってもよい。ただし、電源端子とグランド端子間が、集積回路チップ全体の変化を最もよく反映するので、変化を検出す

る箇所としては最適である。また、電圧を検出する端子以外は、接地しても開放しても構わない。以上のような組み合わせは莫大な数となるが、ここでは次に 2 つの例を示す。

【0059】図 16 は、第 4 の実施例の半導体デバイスの検査装置の構成の一例としてグランドが接地された例を表わしたものである。第 1 の実施例の図 4 と同一部分には同一の符号を付しており、これらの説明を適宜省略する。グランド端子 16 は接地されており、電源端子 14 には一端を接地した電圧変化検出部 33 が接続されている。赤外線レーザビーム照射時の加熱により、被照射箇所の熱電能が作用し、その結果電位差が現われる。電圧変化検出部 33 は、この電圧の変化 ΔV を検出する。

【0060】図 17 は、第 4 の実施例の半導体デバイスの検査装置の構成の他の例としてグランドが開放された例を表わしたものである。図 16 と同一部分には同一の符号を付しており、これらの説明を適宜省略する。図 16 および図 17 の装置では、欠陥の有無による熱電能の差により、欠陥の検出ができることになる。すなわち、電流像や電流波形の観測を行うことができず、欠陥像の観測ができるのみである。

【0061】図 18 は、第 4 の実施例による半導体デバイスの検査装置すなわち配線系欠陥検査装置の構成を表わしたものである。第 3 の実施例の図 14 と同一部分には同一の符号を付しており、これらの説明を適宜省略する。第 4 の実施例の装置では、定電流源 42 およびテストボタン発生部 26 に括弧を付しているが、これはこれら定電流源 42 およびテストボタン発生部 26 が存在する場合と存在しない場合の 2 つの場合があることを示すものである。

【0062】■定電流源 42 およびテストボタン発生部 26 が存在しない場合：この場合には、赤外線レーザビーム 11 の照射箇所によらず、図 16 または図 17 に示した原理による観測ができる。

■定電流源 42 およびテストボタン発生部 26 が存在する場合：この場合には、装置の構成が第 3 の実施例の図 14 で示したものと同一になる。すなわち、赤外線レーザビーム 11 の照射箇所の配線に十分な電流が流れている場合には、図 13 に示した原理で観測が行われる。これは、第 3 の実施例と同じである。これに対して、赤外線レーザビーム 11 の照射箇所の配線に十分な電流が流れていない場合には、図 16 あるいは図 17 に示した原理による観測が行われることになる。

【0063】すなわち、この第 4 の実施例の場合には、図 16 および図 17 で説明した通り電流像や電流波形の観測を行うことができず、欠陥像の観測ができるのみである。しかしながら、電圧変化の検出の方が電流変化の検出よりも容易に実行することができるので、第 4 の実施例も有効である。

【0064】第 5 の実施例

【0065】図 19 は、本発明の第 5 の実施例の半導体デバイスの検査装置の構成を表わしたものである。この図で図 5 と同一部分には同一の符号を付しており、これらの説明を適宜省略する。第 5 の実施例では、試料としての集積回路 12 を載置した試料台 21 の下側に、今までの実施例と上下逆の配置で赤外線レーザ光源 23 と、顕微鏡部本体 24 と対物レンズ 25 が配置されている。これは集積回路 12 のチップの裏面からの観察を可能にするためである。また、集積回路 12 の上側には、可視レーザビーム発生部 51 と顕微鏡部 52 とが配置されており、チップを上下逆転することなくその上面からの観察もできるようになっている。定電圧源 15、電流変化検出部 17 およびテストボタン発生部 26 は、試料台 21 を介して図 5 の装置と同様に顕微鏡部本体 24 等の部品と接続されている。可視レーザビーム発生部 51 はシステム制御・信号処理部 27 と接続されており、処理された信号を基にして像・波形表示部 28 としての CRT に像あるいは波形の表示が行われるようになっている。

【0066】図 20 は、この第 5 の実施例の半導体デバイスの検査装置の処理動作の流れを表わしたものである。まず、先に説明した他の実施例と同様に集積回路 12 に電圧を印加する（ステップ S141）。本実施例で試料として用いられる集積回路 12 は、チップ表面を露出させていることはもちろんのこと、チップ裏面も露出され、かつ鏡面研磨されている必要がある。

【0067】次に、赤外線レーザビームをチップ裏面から照射しながら走査する（ステップ S142）。そして、集積回路 12 のグランド端子から出力される電流の変化を輝度の変化として走査点に対応させ、前記した CRT 上に表示する（ステップ S143）。すなわち、OBIRCH 法による電流像が取られる。電流像を取る際には、集積回路チップ 13（図 4 参照）のできるだけ広い範囲をレーザビームで走査することで、異常箇所の発見が容易になる。これを、IDDQ 不良の場合を例にとりて説明する。

【0068】IDDQ 不良とは、集積回路 12 としての CMOS LSI の不具合モードの 1 つであり、ある準静止状態（Quiescent）で電源電流が正常のものに比べて大きい場合をいう。現在 OBIRCH では、例えば数 μA 程度の検出感度があるため IDDQ 不良で数 μA 程度以上の電流が流れる場合には、その電流経路の観測を電流像として行うことができる。したがって、このような場合には、集積回路チップ 13 上のどこに電流経路があるかを発見することが容易である。例えば集積回路チップ 13 が 10 mm 角の場合、2 mm 角の視野で探せば、最悪の場合であっても 25 か所の視野を見ることで異常な電流経路を発見することができる。

【0069】OBIC 信号の妨害を防ぐ方法として、例えば平成 7 年 2 月 15 日出願の特願平 7-025758 号公報に記載されているように、配線箇所のみを選択し

て可視レーザビームを照射することも可能である。しかしながら、選択走査法ではこのように広い視野での電流像の取得は非常に困難である。例えば2mm角の視野を観測する場合、通常のデジタル走査に用いる512×512ピクセルの走査では、1ピクセルの占める面積は4μm×4μmにもなり、1μm幅の配線部分のみレーザビームを照射することは不可能であり、OBIC信号が発生する。

【0070】電流値が異常であるかどうかの判断がIDDQ不良ほど簡単でないような場合には、良品と比較する方法が最も容易である。この際には、試料台21を移動することで良品と不良品の同一箇所を交互に観測する。この際に、電流像が複雑な場合、良品での電流像と不良品での電流像の差像をとれば、電流経路の異なる箇所を容易に識別することができる。差像をとる方法としては、基本的には元の像の各ピクセルごとの輝度の値の差を差像の各ピクセルごとの輝度の値として用いるのが最も一般的であり、また簡便である。

【0071】図20に戻って説明を行う。以上のようにして電流の異常箇所が発見できなければ(ステップS144;N)、視野を移動してステップS142から処理を繰り返す。このようにして電流の異常箇所が発見できたら(ステップS144;Y)、次はその箇所を含む近傍で欠陥像を観測する処理に移る。この際、欠陥像を赤外線レーザを用いたOBIRCHやNB-OBICで見ると、可視光レーザを使用したOBIRCHやNB-OBICで見ると感度がよい。その理由は波長の違いによる。赤外線レーザでは例えば1.3μmの波長を用いるが、可視光レーザでは例えば633nmの波長を用いる。これらの波長の約2倍の差が、そのままレーザビームの径の差となり、欠陥検出の際の欠陥検出感度の差となって現われる。

【0072】したがって、この第5の実施例では欠陥像の観測に際して可視光レーザを使用する。可視光レーザに切り替えるために、集積回路チップ13(例えば図4)は可視レーザ系の下まで水平方向に移動させられる(ステップS146)。あるいは、可視レーザビームと赤外線レーザビームを同一直線上に配置しておけば、この位置合わせは不要となる。そして、可視光レーザビームを上方から集積回路チップ13の表面に照射する(ステップS147)。可視レーザでOBIRCHやNB-OBICを実施する際には、OBIC信号が妨害になることは前記した通りである。OBIC信号による妨害を防ぐためには、欠陥像をとる場合のように走査範囲が比較的狭いとき、選択走査法が有効である。ここで選択走査法とは、平成7年2月15日に特許出願した特願平7-025758号の明細書に記載されているように、配線箇所のみを選択して照射する方法である。この方法では、配線部分のみを選択走査しながら照射する。したがって、OBIC電流が発生しない。この照射によって、

集積回路12のグランド端子から出力される電流の変化を輝度変化として走査点に対応させ、前記したCRT上に表示させる(ステップS148)。このように選択走査法でOBIRCHやNB-OBIC像を取得することで、欠陥像の取得が可能になる。

【0073】第6の実施例

【0074】図21は、本発明の第6の実施例の半導体デバイスの検査装置の構成を表わしたものである。この図で図19と同一部分には同一の符号を付しており、これらの説明を適宜省略する。第6の実施例では、試料としての集積回路12を載置した試料台21の上側に可視レーザビーム発生部51と顕微鏡部52およびこれから所定の間隔を置いて赤外線レーザ光源23と、顕微鏡部本体24と対物レンズ25が配置されている。

【0075】この図21に示した半導体デバイスの検査装置の動作を次に説明する。この第6の実施例の装置は、第5の実施例の装置と比較すると赤外線レーザの入射方向が異なることと、観測の切替時に集積回路チップ13(図4)の移動方法が異なることの点を除いて基本的に同一である。すなわち、第6の実施例の装置では、赤外線顕微鏡部を構成する赤外線レーザ光源23、顕微鏡部本体24および対物レンズ25が試料台21の上側にあり、図19に示したものと上下が逆となっている。試料としての集積回路12は、対物レンズ25の直下の位置と、顕微鏡部52の直下の位置との間で表裏逆となるように設定し直す必要がある。

【0076】図22は、この第6の実施例の半導体デバイスの検査装置の処理動作の流れを表わしたものである。第5の実施例の装置と処理の流れは基本的に同一なので、相違している点のみを説明する。ステップS152では赤外線ビームを上方から集積回路チップ13の裏面上に走査しながら照射する。赤外線顕微鏡部が第5の実施例と逆の向きに配置されているためである。また、ステップS156では集積回路チップ13を上下逆にして、その表面が上面となるようにセットすることになる。

【0077】なお、以上説明した各実施例では例えば図6のステップS205で示したように輝度または疑似カラーで256階調の表示を行うようにしたが、処理するデータのビット数や表示する階調の数はこれに限定されるものでないことは当然である。

【0078】

【発明の効果】以上説明したように出力をオープンにしておけば、集積回路に流れる全電流がグランド端子に流れるので、グランド端子は変化を検出する箇所として最も適している。このように変化の検出を行う際に、入力端子から集積回路の特定の状態を設定するためのテストパターンを入力するようにすれば、その特定の状態での観測が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の半導体デバイスの検査装置の基本的な概念を示す説明図である。

【図 2】従来の半導体デバイスの検査装置の基本的な概念を示す説明図である。

【図 3】本発明の第 1 の実施例の半導体デバイスの検査装置における半導体デバイスの検査方法を示す流れ図である。

【図 4】第 1 の実施例における半導体デバイスの検査装置の原理を示した説明図である。

【図 5】第 1 の実施例における半導体デバイスの検査装置の構成を表わしたブロック図である。

【図 6】第 1 の実施例で電流像あるいは欠陥像を取得する際の処理動作を示した流れ図である。

【図 7】第 1 の実施例で電流波形を取得する際の処理動作を示した流れ図である。

【図 8】本発明の第 2 の実施例の半導体デバイスの検査装置における半導体デバイスの検査方法の原理を示した流れ図である。

【図 9】第 2 の実施例の半導体デバイスの検査装置の構成の一例で電源端子が接地された状態を表わした説明図である。

【図 10】第 2 の実施例の半導体デバイスの検査装置の構成の他の例で電源端子が開放された状態を表わした説明図である。

【図 11】第 2 の実施例による半導体デバイスの検査装置すなわち配線系欠陥検査装置の構成を表わしたブロック図である。

【図 12】本発明の第 3 の実施例の半導体デバイスの検査装置における半導体デバイスの検査方法の原理を示した流れ図である。

【図 13】第 3 の実施例の半導体デバイスの検査装置の構成の一例を表わした説明図である。

【図 14】第 3 の実施例における半導体デバイスの検査装置すなわち配線系検査装置の構成を表わしたブロック図である。

【図 15】本発明の第 4 の実施例の半導体デバイスの検査装置における半導体デバイスの検査方法の原理を示した流れ図である。

【図 16】第 4 の実施例の半導体デバイスの検査装置の構成の一例としてグラウンドが接地された例を表わした説明図である。

【図 17】第 4 の実施例の半導体デバイスの検査装置の構成の他の例としてグラウンドが開放された例を表わした説明図である。

【図 18】第 4 の実施例による半導体デバイスの検査装置すなわち配線系欠陥検査装置の構成を表わしたブロック図である。

【図 19】本発明の第 5 の実施例の半導体デバイスの検査装置の構成を表わしたブロック図である。

【図 20】第 5 の実施例の半導体デバイスの検査装置の処理動作を示した流れ図である。

【図 21】本発明の第 6 の実施例の半導体デバイスの検査装置の構成を表わしたブロック図である。

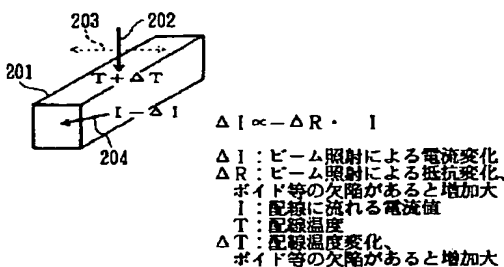
【図 22】第 6 の実施例の半導体デバイスの検査装置の処理動作を示した流れ図である。

【図 23】従来提案された半導体デバイスの検査装置の構成を表わしたブロック図である。

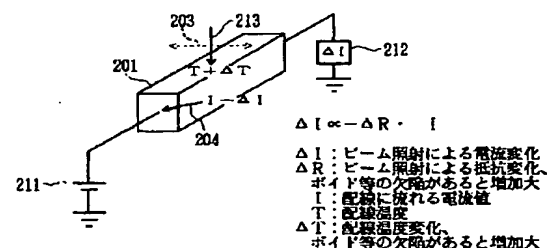
【符号の説明】

- 1 1 赤外線レーザビーム
- 1 2 集積回路
- 1 3 集積回路チップ
- 1 4 電源端子
- 25 1 5 定電圧源
- 1 6 グラウンド端子
- 1 7 電流変化検出部
- 2 1 試料台
- 2 3 赤外線レーザ光源
- 30 2 4 顕微鏡部本体
- 2 5 対物レンズ
- 2 6 テストパターン発生部
- 2 7 システム制御・信号処理部
- 2 8 像・波形表示部
- 35 3 1、4 1 電圧変化検出部
- 3 2、4 2 定電流源
- 5 1 可視レーザビーム発生部
- 5 2 顕微鏡部

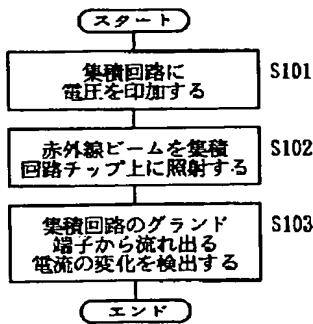
【図 1】



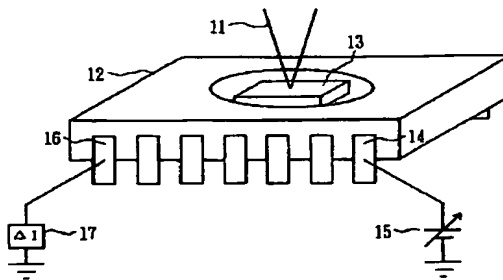
【図 2】



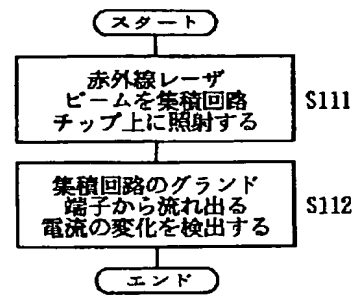
【図 3】



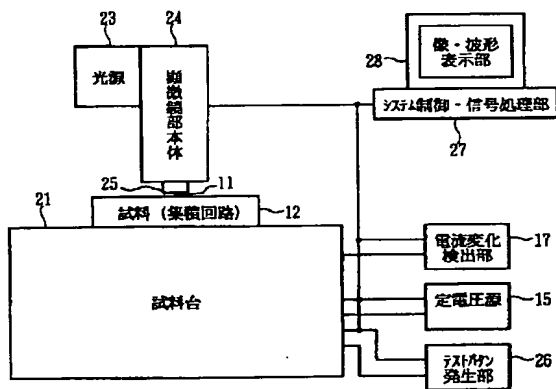
【図 4】



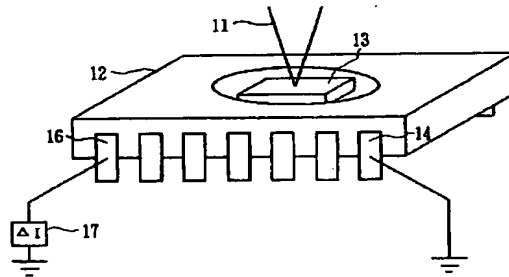
【図 8】



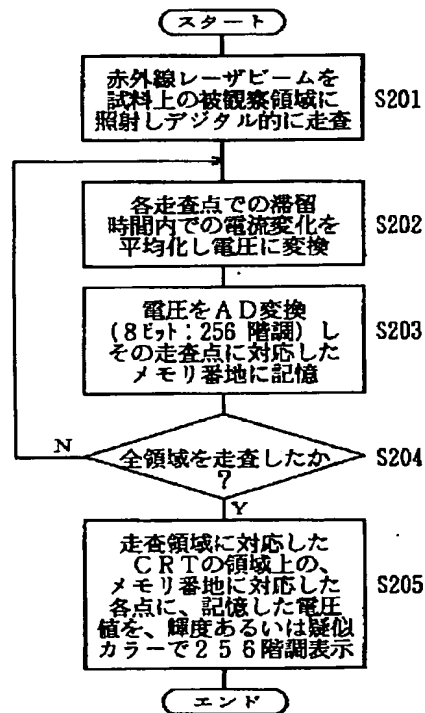
【図 5】



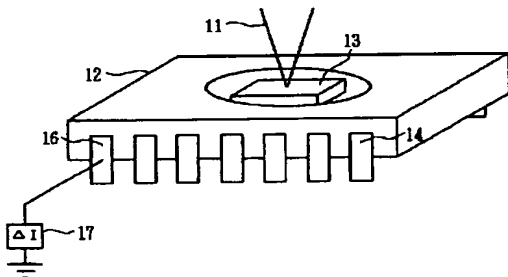
【図 9】



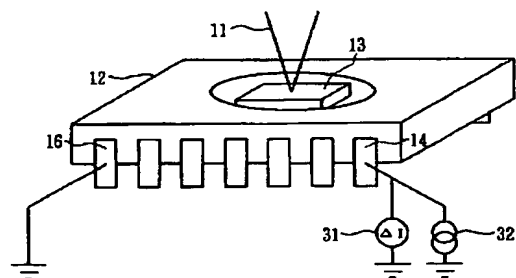
【図 6】



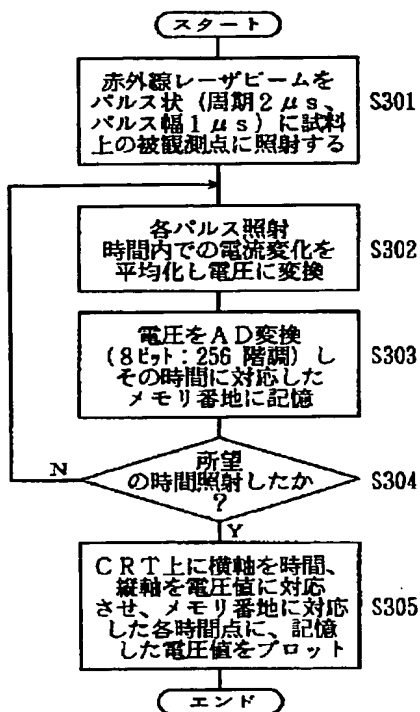
【図 10】



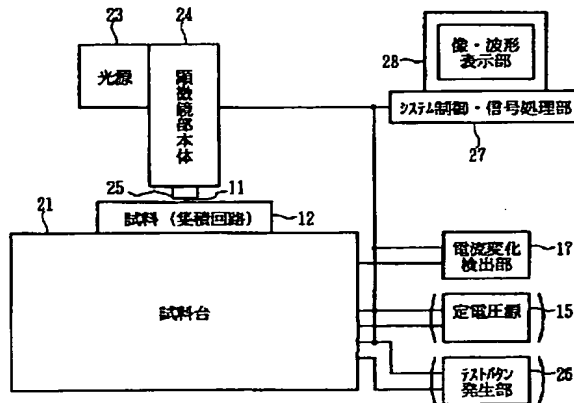
【図 13】



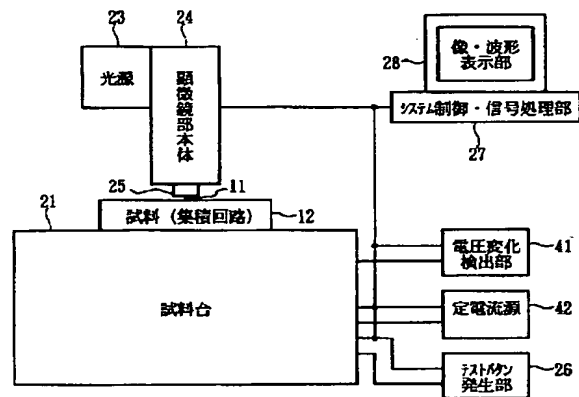
【図7】



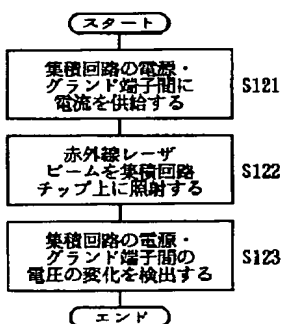
【図11】



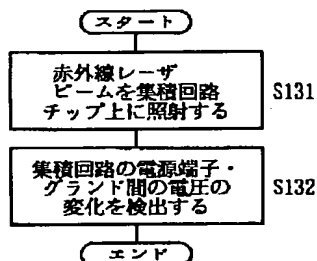
【図14】



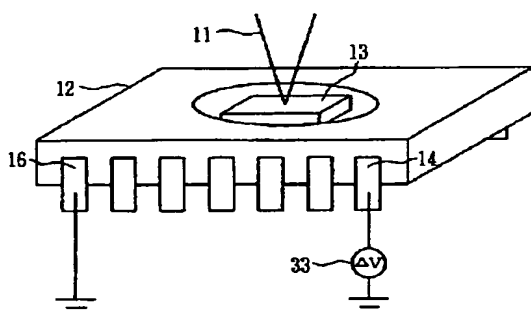
【図12】



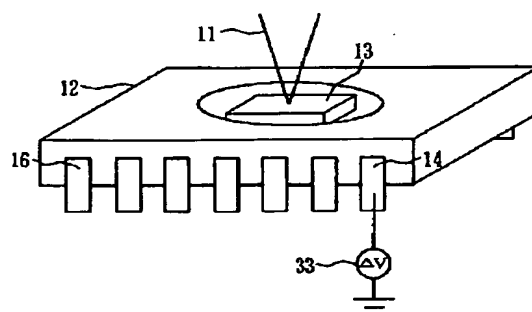
【図15】



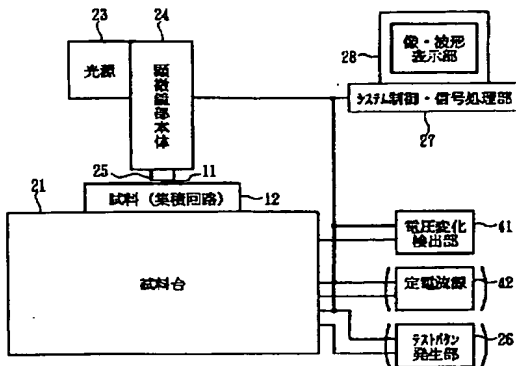
【図16】



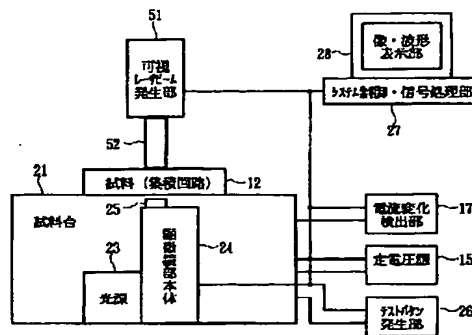
【図17】



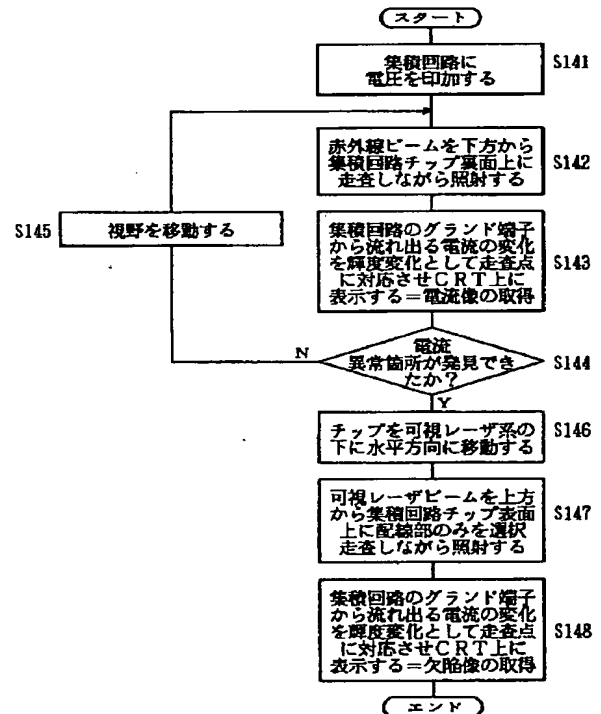
【図18】



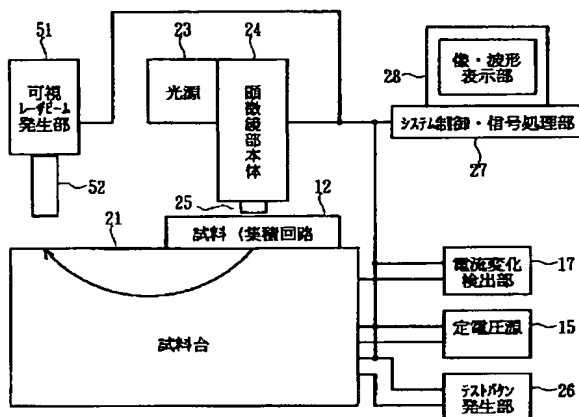
【図19】



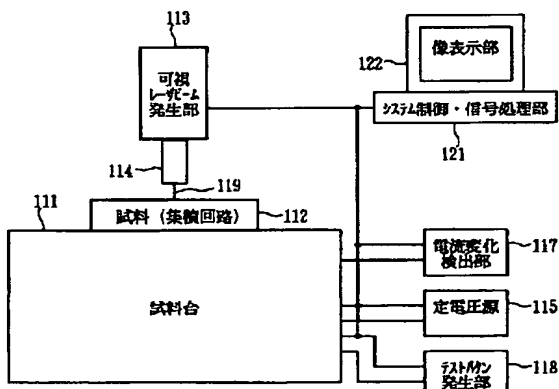
【図20】



【図21】



【図23】



【図 2 2】

